

Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar | Universidade do Porto

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA
ARTIGO DE INVESTIGAÇÃO MÉDICA

**VALOR PROGNÓSTICO DE REALCE TARDIO POR TOMOGRAFIA
COMPUTORIZADA EM FASE AGUDA DE ENFARTE AGUDO DO
MIOCÁRDIO COM SUPRADESNIVELAMENTO DO SEGMENTO ST**

João Filipe Ferreira Rocha

ORIENTADOR | **PROF. DR. NUNO BETTENCOURT**
CO-ORIENTADOR | **DR. ANÍBAL ALBUQUERQUE**

Porto | 2015

VALOR PROGNÓSTICO DE REALCE TARDIO POR TOMOGRAFIA COMPUTORIZADA EM FASE AGUDA DE ENFARTE AGUDO DO MIOCÁRDIO COM SUPRADESNIVELAMENTO DO SEGMENTO ST

Prognostic value of contrast delayed enhancement with computed tomography after ST
elevation acute myocardial infarction

**João Rocha^{a,*}, Nuno Bettencourt^b, Aníbal Albuquerque^{a,c}, Mónica Carvalho^b,
Wilson Ferreira^b, Vasco Gama^b**

^a Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar, Universidade do Porto

^b Centro Hospitalar de Vila Nova de Gaia/Espinho

^c Centro Hospitalar do Porto

* Corresponding author.

E-mail address: jrocha83@sapo.pt (João Rocha)

Artigo original submetido à Revista Portuguesa de Cardiologia.

Valor prognóstico de realce tardio por tomografia computadorizada em fase aguda de enfarte agudo do miocárdio com supradesnivelamento do segmento ST

Resumo

Introdução: A detecção de realce tardio (RT) por tomografia computadorizada (TC) é uma técnica promissora na avaliação não invasiva da área de enfarte, embora o seu valor clínico e impacto prognóstico continue por esclarecer.

Objectivo: Avaliar o valor prognóstico da detecção de RT por TC multidetetores, imediatamente após realização de cateterismo cardíaco (CC) emergente, no contexto de enfarte agudo do miocárdio com supradesnivelamento ST (EAMCSST).

Métodos: Analisaram-se retrospectivamente 31 doentes referenciados para CC emergente no contexto de EAMCSST e que imediatamente após realizaram TC cardíaca sem injeção de produto de contraste iodado. Foi efetuado seguimento imagiológico (23 ± 11 meses) por ressonância magnética cardíaca (RMC) e seguimento clínico telefónico (70 ± 24 meses). A presença e volume de RT por TC foram correlacionados com dados clínicos, laboratoriais e imagiológicos do episódio de EAMCSST e do seu seguimento.

Resultados: Os doentes com RT ($n=20$) por TC, apresentaram valor superior para a duração da dor (6.8 ± 2.5 h vs. 4.3 ± 2.2 h, $p=0.005$), pico de troponina (71 ± 33 vs. 28 ± 33 , $p=0.009$) e presença de oclusão coronária (75% vs. 36%, $p=0.005$).

A correlação entre a presença de RT por TC e ocorrência de eventos (falecimento, reintervenção, reinternamento e agravamento de insuficiência cardíaca) no seguimento clínico não foi estatisticamente significativa.

O volume de RT por TC correlacionou-se significativamente com o pico de troponina ($r=0.731$; $p<0.001$), número de segmentos com RT ($r=0.646$; $p<0.001$) e com transmuralidade ($r=0.71$; $p<0.001$) em RMC, wall motion index score ($r=0.761$; $p<0.001$), volumes telediastólico ($r=0.775$; $p<0.001$) e telesistólico ($r=0.858$; $p<0.001$) calculados por RMC.

Conclusões: O volume de RT parece ser um preditor precoce de função ventricular esquerda e remodeling ventricular a médio prazo. Contudo, na população estudada o RT por TC não foi preditor de eventos adversos a longo prazo.

PALAVRAS-CHAVE: Tomografia computadorizada; enfarte agudo do miocárdio; realce tardio; valor prognóstico

Prognostic value of delayed enhancement by computed tomography in acute phase of myocardial infarction with ST-segment elevation

Abstract

Introduction: The detection of delayed enhancement (DE) by computed tomography (CT) is a promising technique for non-invasive assessment of myocardial lesion area, although its clinical value and prognostic impact remains unclear.

Objective: To evaluate the prognostic value of DE detection with multidetector CT immediately after emergent cardiac catheterization (CC) in the context of acute myocardial infarction with ST elevation (STEMI).

Methods: We retrospectively analysed 31 patients referred for emergent CC in the context of STEMI, which immediately after, underwent cardiac CT without any further injection of iodinated contrast. Follow-up imaging was performed (23 ± 11 months) by cardiac magnetic resonance (CMR) and clinical follow-up (70 ± 24 meses) by telephone. The presence and volume of DE by CT were correlated with clinical, laboratory and imaging data of STEMI episode and its follow-up.

Results: Patients with DE ($n=20$) by CT showed higher value for pain duration (6.8 ± 2.5 h vs. 4.3 ± 2.2 h, $p=0.005$), peak troponin levels (71 ± 33 vs. 28 ± 33 , $p=0.009$) and presence of coronary occlusion (75% vs. 36%, $p=0.005$).

The correlation between the presence of DE by CT and occurrence of events (death, reintervention, readmission e worsening of failure) at the clinical follow-up was not statistically significant.

The volume of DE by CT was significantly correlated with the peak troponin levels ($r=0.731$, $p<0.001$), number of segments with RT ($r=0.646$, $p<0.001$) and transmural segments ($r=0.71$; $p<0.001$) in CMR, wall motion index score ($r=0.761$; $p<0.001$), end-diastolic volume ($r=0.775$; $p<0.001$) and end-systolic volume ($r=0.858$; $p<0.001$) calculated by CMR.

Conclusions: The volume of DE seems to be an early predictor of left ventricular function and ventricular remodelling in the medium term. However, in our population the DE by CT was not an predictor of events in the clinical follow-up of long-term.

KEYWORDS: Computed tomography; acute myocardial infarction; delayed enhancement; prognostic value

Introdução

As técnicas de cateterismo cardíaco (CC) de intervenção em contexto de enfarte agudo do miocárdio (EAM) permitem a revascularização precoce de obstruções coronárias e provaram ter impacto positivo no prognóstico destes doentes.^[1] Porém, mesmo após uma eficaz revascularização coronária precoce, a recirculação a nível microvascular e a recuperação funcional não são garantidas.^[2] Em contexto de EAM, a lesão miocárdica pode ainda ser reversível (viável) e irreversível (não viável).^[3] Na lesão reversível, a disfunção contráctil recupera após reperfusão (miocárdio atordado).^[4] A detecção de viabilidade está associada a bom prognóstico após revascularização.^[6] Na lesão irreversível, existe perda da integridade da membrana celular e consequente perda funcional. Neste contexto de necrose miocitária e edema intersticial adjacente, o espaço intracelular pode ser acedido por produtos de contraste extracelulares (gadolínio, meios de contraste iodados) alguns minutos após administração endovenosa, resultando nessa área o realce tardio.^[7] Este miocárdio afectado de forma irreversível sofre processos de remodeling ventricular esquerdo (VE) que, por sua vez, é preditor de mortalidade e morbidade, insuficiência cardíaca e arritmias.^[8] A previsão do remodeling VE pode ser conseguida pela avaliação da transmuralidade e área de enfarte.^[9] A ressonância magnética cardíaca (RMC) é o exame de referência para avaliação e quantificação da área e extensão de enfarte e predição prognóstica neste contexto.^[4,5,10]

A técnica diagnóstica de tomografia computadorizada (TC) com sincronização eletrocardiográfica permite a aquisição de imagens cardíacas de elevada resolução espacial e adequada resolução temporal, o que lhe confere uma elevada capacidade diagnóstica na exclusão de doença coronária.^[11] Sendo uma técnica volumétrica, permite além da anatomia coronária, adquirir informação de toda a estrutura cardíaca proporcionando uma avaliação multiplanar com elevada resolução espacial.^[12] O uso ou presença de meio de contraste iodado na TC exhibe comportamento farmacocinético

semelhante ao gadolínio na RMC por retenção nos tecidos com maior volume de distribuição o que permite a detecção de áreas de RT em contexto de EAM.^[13,14]

A detecção de realce tardio por TC demonstrou ser uma técnica promissora para a detecção não invasiva de área de enfarte quer em animais^[15] quer em humanos^[16]. Apresenta uma boa correlação histológica^[17] e com outras técnicas de imagem, como a detecção de realce tardio com gadolínio na RMC^[18,19] e na ecocardiografia de sobrecarga com dobutamina.^[20]

Os exames de TC cardíaco permitem detetar com acuidade a presença de realce tardio no miocárdio, determinar quantitativamente o seu volume e os segmentos miocárdicos afectados.^[21,22] Contudo e apesar de promissor, o seu valor clínico e impacto no prognóstico continua por esclarecer.

Métodos

Analisaram-se retrospectivamente 31 doentes referenciados para CC emergente no contexto de enfarte agudo do miocárdio com supradesnivelamento do segmento ST (EAMCSST) e que, imediatamente após realizaram TC cardíaca para estudo de realce tardio. O episódio de EAMCSST e respectivos exames de diagnóstico e intervenção ocorreram entre os anos de 2007 e 2008. A seleção de doentes candidatos teve como critérios de exclusão: doentes que após CC apresentassem instabilidade hemodinâmica, doentes com doença cardiovascular previamente conhecida, ausência de consentimento informado e implementação de protocolo não compatível com a disponibilidade ou horário útil para a realização de TC. O protocolo global do estudo encontra-se representado na figura 1.

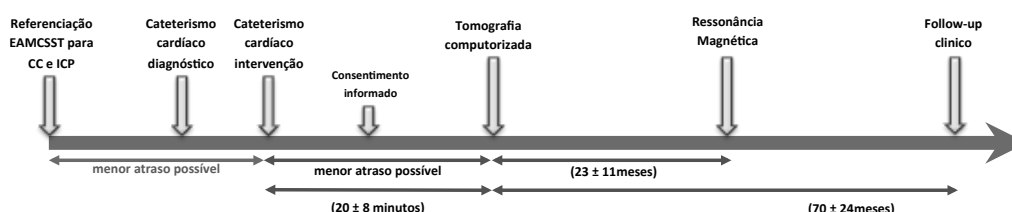


Figura 1. Protocolo cronológico do estudo. EAMCSST: enfarte agudo do miocárdio com supra desnivelamento do segmento ST; CC: cateterismo cardíaco; ICP: intervenção coronária percutânea.

O exame de TC cardíaca foi realizado num equipamento SOMATOM Sensation Cardiac 64, (Siemens, Erlangen, Germany). O protocolo de TC consistiu numa aquisição retrospectiva com gating cardíaco, sem injeção de produto de contraste iodado e com parâmetros de baixa radiação (80kV e 200mAs). A informação foi reconstruída na fase correspondente a 65% do ciclo cardíaco (diástole), com filtro B20f (suave) e com espessura de corte de 1,5mm. As imagens foram avaliadas numa estação de pós-processamento de imagem médica especializada, Aquarius Intuition (TeraRecon Inc., California, USA). Nesta avaliação foi registada a presença/ausência de realce tardio (ver Figura 2), o cálculo quantitativo do volume de região de realce tardio detectada (ver Figura 3) e ainda uma estimativa qualitativa dos segmentos afectados e de presença de transmuralidade.

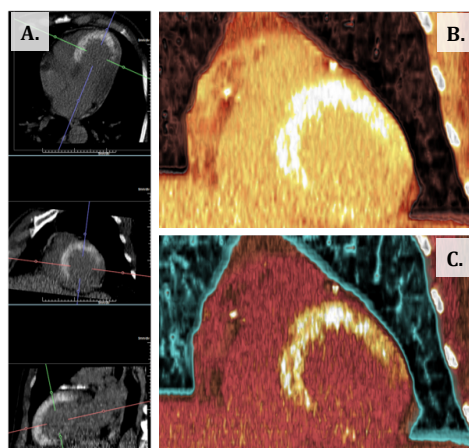


Figura 2. Visualização de áreas de RT por TC: A. Visualização multiplanar em plano cardíaco de 4 câmaras, eixo curto e eixo longo; B e C. Visualização em *Volume Rendering Technique* (VRT)

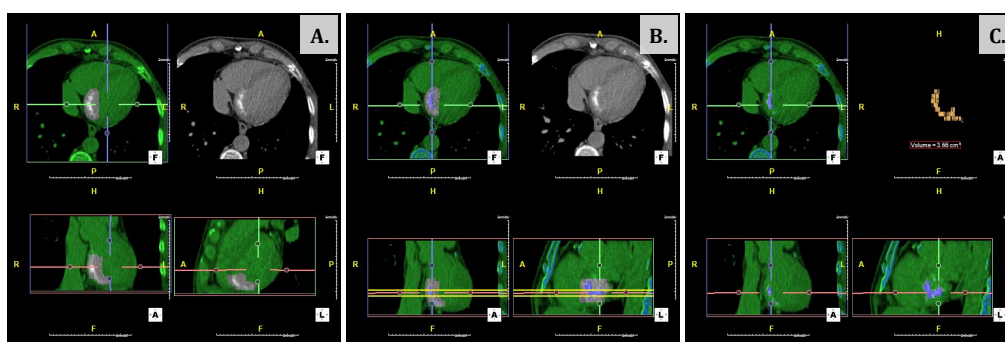


Figura 3. Quantificação do volume de RT por TC: A. Segmentação; B. Seleção por limite de unidades de Hounsfield; C. Quantificação volumétrica da região segmentada

Foi efetuado seguimento imagiológico (23 ± 11 meses) por RMC e seguimento clínico telefónico (70 ± 24 meses). O seguimento clínico telefónico incluiu todos os doentes e

foram considerados para análise principal os eventos maior: falecimento, reintervenção, reinternamento e agravamento de insuficiência cardíaca. O seguimento imagiológico foi realizado por RMC no equipamento MAGNETOM Symphony Tim 1,5T (Siemens, Erlangen, Germany). Foram avaliados: a presença e o número de segmentos com RT, transmuralidade do realce, *wall motion index score*, volumes telediastólico e telesistólico e fracção de ejeção ventricular esquerda.

A presença e volume de RT por TC foram correlacionados com dados clínicos, laboratoriais e imagiológicos do episódio de EAMCSST e do seu seguimento. A análise e correlação de dados foi realizada com o software de base de dados Microsoft Excel 2011 (Microsoft, California, USA) e de tratamento estatístico SPSS version 18.0 (SPSS, Chicago, USA) Foi assumido como estatisticamente significativo um valor de p inferior a <0.05.

Resultados

Foram incluídos 31 doentes com EAMCSST (20 com RT e 11 sem RT por TC). Houveram 14 pacientes com eventos durante o período de seguimento (70 ± 24 meses).

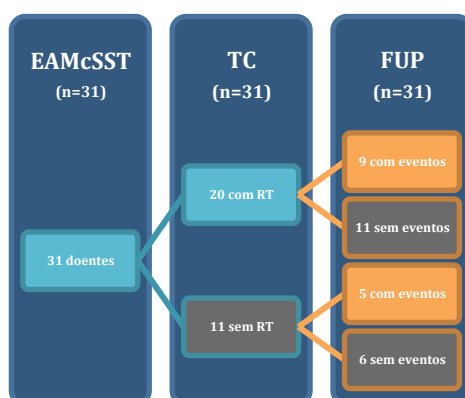


Figura 4. Resultados quantitativos por subgrupos tendo em conta a presença ou ausência de RT por TC e a presença ou ausência de eventos no seguimento clínico.

Na tabela I apresentam-se as características demográficas e os factores de risco cardiovascular da população estudada. Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os pacientes com e sem RT por TC nem entre os pacientes com e sem eventos durante o período de seguimento.

Tabela I. Caracterização da população (n=31).							
Parâmetro	População Total (n=31)	TC com RT (n=20)	TC sem RT (n=11)	p value	Eventos (n=14)	Sem Eventos (n=17)	p value
Idade (anos)	62 ± 12	59 ± 11	68 ± 14	0,0535	66 ± 10	59 ± 13	0,122
Sexo (masculino)	24 (75%)	16 (80%)	8 (72%)	0.6757	10 (71%)	14 (82%)	0.6705
HTA	17 (54%)	10 (50%)	8 (72%)	0.2755	10 (71%)	7 (41%)	0.1493
DM	8 (26%)	4 (20%)	4 (36%)	0.4055	4 (29%)	4 (24%)	1.0000
Distlipidemia	18 (58%)	11 (55%)	7 (64%)	0.7178	6 (43%)	12 (71%)	0.1570
Obesidade	10 (32%)	8 (40%)	2 (18%)	0.2617	6 (43%)	4 (24%)	0.4414
Fumador	5 (16%)	2 (10%)	3 (27%)	0.3173	3 (21%)	2 (12%)	0.6358
Ex-fumador	7 (23%)	6 (30%)	1 (9%)	0.3717	2 (14%)	5 (29%)	0.4117
Hx familiar	6 (19%)	5 (25%)	1 (9%)	0.3826	2 (14%)	4 (24%)	0.6638
Sem FRCV	2 (6%)	1 (5%)	1 (9%)	1.0000	1 (7%)	1 (6%)	1.0000
TC com RT: presença de realce tardio em tomografia computadorizada TC sem RT: ausência de realce tardio por tomografia computadorizada Os valores encontram-se representados em n (%), ou média ± desvio padrão							

Presença de RT

Os doentes com RT por TC (n=20) comparativamente com os doentes sem RT por TC (n=11), apresentaram valor superior para a duração da dor (6.8 ± 2.5 h vs 4.3 ± 2.2 h, $p=0.005$), pico de troponina (71 ± 33 vs. 28 ± 33 , $p=0.009$) e presença de oclusão coronária (75% vs. 36%, $p=0.005$). Não houve correlação entre a presença de RT por TC e a localização enfarte, volume de contraste injetado durante CC, tempo de procedimento de CC, grau de fluxo TIMI final por CC e intervalo de tempo entre intervenção coronária percutânea (ICP) e TC.

Volume de RT

O volume de RT por TC (n=20; volume médio= 25 ± 22 mm³) correlacionou-se significativamente com o pico de troponina ($r=0.731$; $p<0.001$) e na RMC de seguimento, com o número de segmentos com RT ($r=0.646$; $p<0.001$), a presença de pelo menos um segmento com uma transmuralidade máxima de >75% ($r=0.71$; $p<0.001$), *wall motion index score* ($r=0.761$; $p<0.001$), volumes telediastólicos ($r=0.775$; $p<0.001$) e telesistólicos

($r=0.858$; $p<0.001$). O volume de RT por TC correlacionou-se inversamente com a fração de ejeção ventricular esquerda ($r=-0.613$; $p=0.003$) na RMC de seguimento.

O volume de RT não se correlacionou significativamente com o tempo de exame e volume de contraste iodado injetado em CC, nem com o intervalo de tempo entre CC e TC.

Eventos no seguimento clínico

A correlação entre a presença de RT por TC e ocorrência de eventos no seguimento clínico não foi estatisticamente significativa (*Fisher's exact test two tailed* $p=1.000$). Analisando as curvas de sobrevivência com seguimento clínico (70 ± 24 meses) e comparando os subgrupos com RT por TC e sem RT por TC (ver figura 5) não se obtiveram diferenças estatisticamente significativas (*log rank test*: $z=1.26$, $p=0.21$, $CI=95\%$).

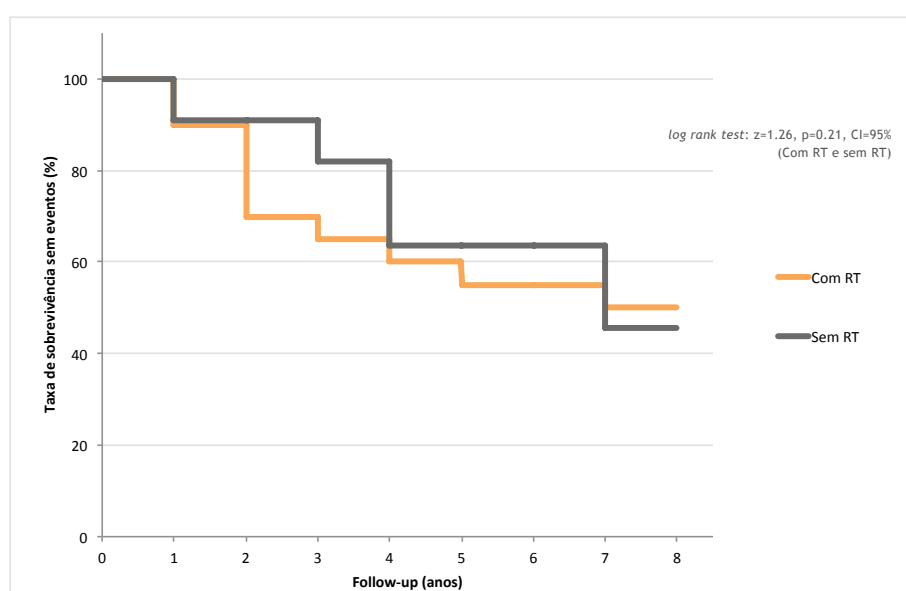


Figura 5. Curvas de sobrevivência por grupos: doentes com detecção de realce tardio por tomografia computadorizada (com RT) e doentes sem realce tardio por tomografia computadorizada (sem RT).

O volume de RT não teve correlação direta estatisticamente significativa com a ocorrência de eventos no seguimento clínico ($r=-0.087$; $p=0.639$).

Na análise das curvas de sobrevivência por tercís de volume não foram obtidas diferenças estatisticamente significativas entre o primeiro e o segundo tercís (*log rank test*: $z=0.78$, $p=0.43$, $CI=95\%$), entre o primeiro e o terceiro tercís (*log rank test*: $z=1.53$, $p=0.13$, $CI=95\%$) e entre o segundo e o terceiro tercís (*log rank test*: $z=0.95$, $p=0.34$, $CI=95\%$).

Discussão

A detecção de RT por TC correlacionou-se bem com dados que transmitem gravidade do episódio de EAMCSST (duração da dor, pico de troponina, presença de oclusão coronária) o que veio de encontro à expectativa de ser determinante prognóstica de gravidade.^[23] Não houve correlação com parâmetros técnicos e procedimentais do protocolo aplicado (volume de contraste injetado e tempo de procedimento em CC, tempo de intervalo entre CC e TC) o que restringiu o número de variáveis susceptíveis de inferir alterações significativas na detecção de RT por TC. Assim, a detecção de RT por TC apresentou boa correlação com a gravidade do evento agudo de EAMCSST sendo concordante com os estudos mais recentes de detecção de RT por TC.^[23]

Na análise de dados do evento de EAMCSST e quantificação de volume de RT por TC apenas foi detectada correlação direta e estatisticamente significativa com o pico de troponina. A correlação do volume de RT por TC com critérios de gravidade de episódio de EAMCSST foi assim menos evidente do que para a simples presença de RT por TC. No entanto, a quantificação de volume de RT por TC correlacionou-se significativamente com critérios e parâmetros habituais de prognóstico avaliados por RMC^[24] (transmuralidade, Wall Motion Index Score, volumes telesistólicos e telediastólicos). O volume de RT por TC correlacionou-se ainda de forma inversa e significativa com a fração de ejeção ventricular esquerda calculada por RMC o que reforça a capacidade deste ser um preditor precoce de função ventricular esquerda e remodeling ventricular a médio prazo.

No seguimento clínico, nem a presença de RT por TC nem o volume demonstraram correlação direta com a presença ou ausência de eventos significativos o que contraria a previsão e estudos mais recentes sobre valor prognóstico de RT por TC e pode estar relacionada com a reduzida dimensão da amostra.^[23] Analisando as curvas de sobrevivência ao longo do seguimento clínico não se obtiveram também diferenças significativas no subgrupo de doentes com e sem RT por TC. Ainda que sem significado

estatístico, verificou-se porém, que a taxa de sobrevivência para os doentes sem RT por TC foi melhor a curto/médio prazo (3-4 anos). Na análise das curvas de sobrevivência por tercís de volume de RT quantificados por TC não se obtiveram diferenças estatisticamente significativas entre os diferentes tercís contrariando o esperado de acordo com estudos recentes^[23]. Segundo estes mesmos estudos, seria também expectável que curvas de tercís de maior volume apresentassem uma taxa de sobrevivência inferior às restantes, o que não se verificou.

Limitações

Os autores reconhecem múltiplas limitações no presente estudo. A reduzida dimensão da amostra é o principal factor limitante para a interpretação dos resultados e pode condicionar a validade das conclusões. Ainda assim, tratando-se de um estudo realizado em contexto agudo de EAMCSST, é de salientar a eficácia do seguimento clínico e imagiológico conseguida.

Em termos práticos, o presente estudo reforça a promissora utilidade na detecção precoce de prognóstico através da presença e quantificação de volume de RT por TC. No entanto, a sua aplicação prática actual é clinicamente questionável. Equipamentos de TC mais recentes, com melhor resolução e discriminação miocárdica e novos estudos com amostras significativas e com seguimento clínico a longo prazo poderão trazer maior acuidade e confiança na aplicação clínica desta técnica.^[25]

Conclusão

No presente estudo, o volume de RT parece ser um preditor precoce de função ventricular esquerda e remodeling ventricular a médio prazo. Contudo, a presença ou ausência de realce tardio por TC não foi preditor de ocorrência ou ausência de eventos no seguimento clínico dos doentes a longo prazo.

Agradecimentos

Agradeço ao serviço de Cardiologia do Centro Hospitalar de Vila Nova de Gaia/Espinho na pessoa do seu diretor de serviço Dr. Vasco Gama Ribeiro a permanente disponibilidade e amizade com que foi possível toda a execução do presente estudo. Aos técnicos de radiologia da tomografia computadorizada cardíaca a ajuda na pesquisa e obtenção de dados. Ao coorientador do trabalho de dissertação de mestrado a confiança depositada. Ao orientador a contínua inspiração e a oportunidade para um pequeno contributo científico.

Referências

1. Keeley EC, Boura JA, Grines CL. Primary angioplasty versus intravenous thrombolytic therapy for acute myocardial infarction: A quantitative review of 23 randomised trials. *The Lancet* 2003;361(9351):13-20.
2. Maes A, Van de Werf F, Nuyts J, Bormans G, Desmet W, Mortelmans L. Impaired myocardial tissue perfusion early after successful thrombolysis. Impact on myocardial flow, metabolism, and function at late follow-up. *Circulation* 1995, Oct 15;92(8):2072-8.
3. Braunwald E, Kloner RA. The stunned myocardium: Prolonged, postischemic ventricular dysfunction. *Circulation* 1982;66(6):1146-9.
4. Shan K, Constantine G, Sivananthan M, Flamm SD. Role of cardiac magnetic resonance imaging in the assessment of myocardial viability. *Circulation* 2004; 109(11):1328-34.
5. Kim RJ, Wu E, Rafael A, Chen E-L, Parker MA, Simonetti O, et al. The use of contrast-enhanced magnetic resonance imaging to identify reversible myocardial dysfunction. *New England Journal of Medicine* 2000;343(20):1445-53.
6. Allman KC, Shaw LJ, Hachamovitch R, Udelson JE. Myocardial viability testing and impact of revascularization on prognosis in patients with coronary artery disease and left ventricular dysfunction: A meta-analysis. *JAm Coll Cardiol* 2002, Apr3;39(7):1151-8.
7. Saeed M, Hetts SW, Jablonowski R, Wilson MW. Magnetic resonance imaging and multi-detector computed tomography assessment of extracellular compartment in ischemic and non-ischemic myocardial pathologies. *World J Cardiol* 2014, Nov 26;6(11):1192-208.
8. Pfeffer MA, Braunwald E. Ventricular remodeling after myocardial infarction. Experimental observations and clinical implications. *Circulation* 1990, Apr;81(4):1161-72.

9. Tarantini G, Razzolini R, Cacciavillani L, Bilato C, Sarais C, Corbetti F, et al. Influence of transmural, infarct size, and severe microvascular obstruction on left ventricular remodeling and function after primary coronary angioplasty. *The American Journal of Cardiology* 2006;98(8):1033-40.
10. Bettencourt N, Chiribiri A, Schuster A, Nagel E. Assessment of myocardial ischemia and viability using cardiac magnetic resonance. *Current Heart Failure Reports* 2009;6(3):142-53.
11. Vanhoenacker PK, Heijenbroek-Kal MH, Van Heste R, Decramer I, Van Hoe LR, Wijns W, Hunink MG. Diagnostic performance of multidetector CT angiography for assessment of coronary artery disease: Meta-analysis. *Radiology* 2007, Aug;244(2):419-28.
12. Schuleri KH, George RT, Lardo AC. Applications of cardiac multidetector CT beyond coronary angiography. *Nat Rev Cardiol* 2009, Nov;6(11):699-710.
13. Mahnken AH. Computed tomography imaging in myocardial infarction. *Expert Rev Cardiovasc Ther* 2011, Feb;9(2):211-21.
14. Sidhu MS, Ghoshhajra BB, Uthamalingam S, Kilcullen N, Engel LC, Medina HM, et al. Clinical experiences of delayed contrast enhancement with cardiac computed tomography: Case series. *BMC Res Notes* 2013;6:2.
15. Lardo AC, Cordeiro MA, Silva C, et al. Contrast-enhanced multidetector computed tomography viability imaging after myocardial infarction: characterization of myocyte death, microvascular obstruction, and chronic scar. *Circulation* 2006;113:394-404.
16. Gerber BL, Belge B, Legros GJ, et al. Characterization of acute and chronic myocardial infarcts by multidetector computed tomography: comparison with contrast-enhanced magnetic resonance. *Circulation* 2006;113:823-33.
17. Masuda Y, Uda T, Yoshida K, Yamada Z, Morooka N, Yoshida H, et al. [Diagnosis of myocardial infarction by CT: The study of an initial filling defect and late enhancement of the infarcted myocardium after injection of contrast material]. *Journal of Cardiology* 1983;13(4):809-19.
18. Nieman K, Shapiro MD, Ferencik M, Nomura CH, Abbara S, Hoffmann U, et al. Reperfused myocardial infarction: Contrast-enhanced 64-section CT in comparison to MR imaging. *Radiology* 2008, Apr;247(1):49-56.
19. Habis M, Capderou A, Sigal-Cinqualbre A, Ghostine S, Rahal S, Riou JY, et al. Comparison of delayed enhancement patterns on multislice computed tomography immediately after coronary angiography and cardiac magnetic resonance imaging in acute myocardial infarction. *Heart* 2009, Apr;95(8):624-9.
20. Habis M, Capderou A, Ghostine S, Daoud B, Caussin C, Riou JY, et al. Acute myocardial infarction early viability assessment by 64-slice computed tomography

- immediately after coronary angiography: Comparison with low-dose dobutamine echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 2007, Mar 20;49(11):1178-85.
21. Sato A, Hiroe M, Nozato T, et al. Early validation study of 64-slice multidetector computed tomography for the assessment of myocardial viability and the prediction of left ventricular remodeling after acute myocardial infarction. *Eur Heart J* 2008;29:490–8.
 22. Bettencourt N, Ferreira ND, Leite D, Carvalho M, da Silva Ferreira W, Schuster A, et al. CAD detection in patients with intermediate-high pre-test probability: Low-dose CT delayed enhancement detects ischemic myocardial scar with moderate accuracy but does not improve performance of a stress-rest CT perfusion protocol. *JACC: Cardiovascular Imaging* 2013;6(10):1062-71.
 23. Sato A, Nozato T, Hikita H, Akiyama D, Nishina H, Hoshi T, et al. Prognostic value of myocardial contrast delayed enhancement with 64-slice multidetector computed tomography after acute myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol* 2012, Feb 21;59(8):730-8.
 24. Romero J, Kahan J, Kelesidis I, Makani H, Wever-Pinzon O, Medina H, Garcia MJ. CMR imaging for the evaluation of myocardial stunning after acute myocardial infarction: A meta-analysis of prospective trials. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2013, Nov;14(11):1080-91.
 25. Liu CP, Lin YH, Lin MS, Huang WC, Lin SL. Evaluation of myocardial infarction patients after coronary revascularization by dual-phase multi-detector computed tomography: Now and in future. *World J Cardiol* 2013, Apr 26;5(4):115-8.